

Купцов С. Г., Фоминых М. В., Мухинов Д. В.,
Магомедова Р. С., Плещёв В. П., Дубровская Е. А.
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ ТВЕРДЫМ СПЛАВОМ ВК8 ЭЛЕКТРОИСКРОВОМ СПОСОБОМ

В результате электроискровой обработки сплавом ВК8 инструментальных сталей X12M, 9XC, P6M5, Y9, P18 происходит монотонное увеличение микротвердости, привеса, толщины белого слоя с временем, обработки, а также появляются фазы карбида W_2C .

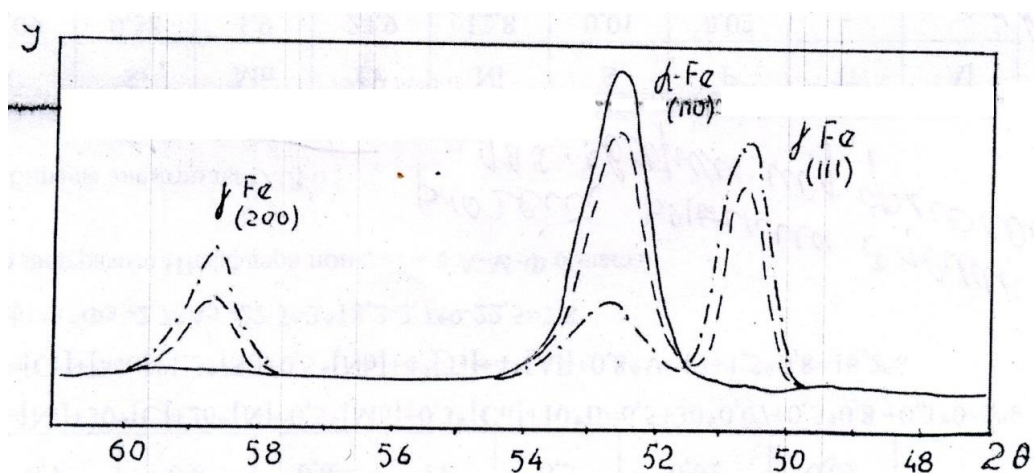
Ключевые слова: эксплуатационная прочность, износоустойчивость, инструментальные стали, карбид вольфрама, микротвердость, белый слой.

Повышение эксплуатационной прочности (износоустойчивости) инструментальных сталей является весьма актуальной задачей. В работе [1] показано, что применение в качестве упрочняющих металлов вольфрама, молибдена приводит к повышению микротвердости, но появление карбидов вольфрама во всех случаях не наблюдается и только добавление углероднасыщающей добавки ЦИАТИМ-2 с добавкой сажи в некоторых случаях приводит к появлению следов карбида вольфрама W_2C .

С целью надежного получения слоя карбида вольфрама и «белого» слоя заметной толщины для электроискровой обработки конструкционных сталей X12M, 9XC, P6M5, Y9, P18 в данной работе использовался твердый сплав ВК8. Исследовалось влияние напряжения (U); частоты источника питания (f и.п.); частоты ультразвукового генератора (f у.з.г.); угла сдвига фаз на фазовый состав, микротвердость, толщину электроискрового покрытия.

Параметры регулировались в пределах: $U = 100\text{--}140\text{ В}$, $f_{\text{и.п.}} = 0,68\text{--}11,1\text{ кГц}$, $f_{\text{у.з.г.}} = 22,6\text{ кГц}$, сдвиг фазы 36° и 216° , $c = 6\text{--}30\text{ мкФ}$. Показано, что увеличение емкости (рис.1) приводит к увеличению количества γ - и уменьшению α -фаз железа в покрытии. Происходит увеличение параметра элементарной ячейки a_γ от $3,6412\text{ \AA}$ до $3,6548\text{ \AA}$ и увеличение микротвердости поверхностного слоя от $13,5 \pm 0,8\text{ ГПа}$ при емкости 6 мкФ до $21 \pm 0,2\text{ ГПа}$ при 30 мкФ .

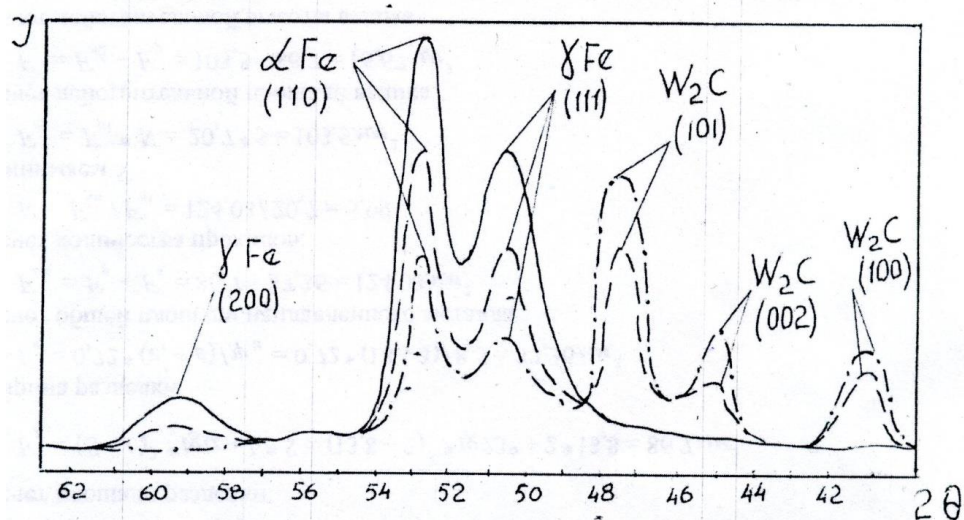
При изменении фазы на 180° , т. е. при фазе 216° (рис. 2) при емкости 6 мкФ наблюдается образование 2-х фаз α - и γ -железа. Причем γ -фаза имеет очень высокую степень легированности, о чем можно судить по параметрам элементарной ячейки $a_\gamma = 3,6548\text{ \AA}$.



Фаза 36° , — 6 мкФ , - - - 12 мкФ , · - · - · 30 мкФ

Режим: $U = 100\text{ В}$, $f_{\text{узг}} = 22,5\text{ кГц}$, $f_{\text{и.п.}} = 11\text{ кГц}$

Рис. 1. Изменение фазового состава поверхностных слоев стали X12M после напыления сплавом ВК8 в зависимости от емкости источника питания



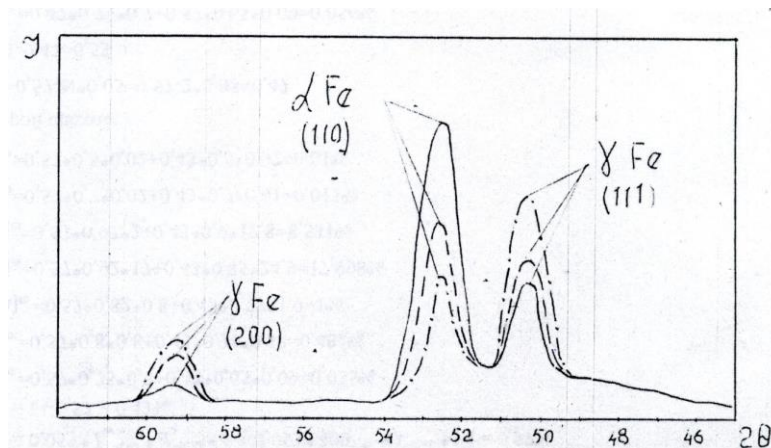
Фаза 216°, — 6 мкФ, - - - 12 мкФ, · - · - 30 мкФ.

$U = 100\text{В}$, $f_{\text{узг}} = 22,5 \text{ кГц}$, $f_{\text{ип}} = 11 \text{ кГц}$

Рис. 2. Изменение фазового состава поверхностных слоев стали X12M после напыления сплавом ВК8 в зависимости от емкости источника питания

Такой степени легированности при сдвиге 36 ° γ -фаза достигает только при 30 мкФ. При дальнейшем увеличении емкости до 12 мкФ- появляется третья составляющая покрытия – W_2C , с одновременным уменьшением количества γ -фазы железа и параметра ее элементарной ячейки до $a_\gamma = 3,6412 \text{ \AA}$. Дальнейший рост емкости, до 30 мкФ, ведет к еще большему увеличению содержания W_2C . Следовательно, изменение фазы на 180 ° ведет к преимущественному образованию W_2C . Следует отметить, что при фазе источника питания, равной 36 °, разряд конденсатора происходит при подходе электрода к обрабатываемой поверхности, а при 216 ° – при отходе электрода от обрабатываемой поверхности.

Зависимость фазового состава электроискрового покрытия на стали X12M от частоты источника питания приведена на рис. 3.



Фаза 36° , — 1,37 кГц, 5,5 кГц, - - - 11 кГц.

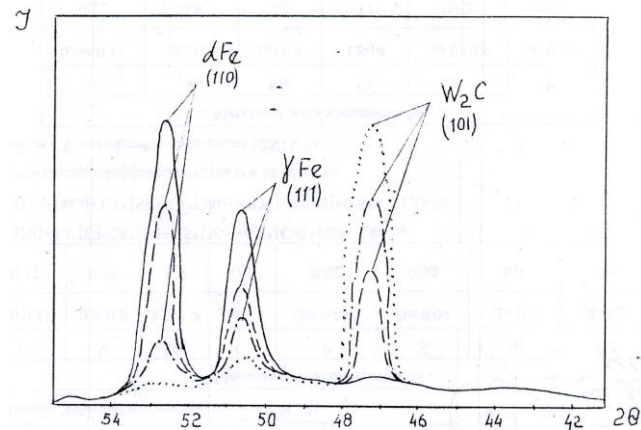
Режим: $U = 100 \text{ В}$, $f_{\text{узг}} = 22,5 \text{ кГц}$, $c = 30 \text{ мкФ}$.

Рис. 3. Изменение фазового состава поверхностных слоев стали X12M после напыления сплавом ВК8 в зависимости от частоты источника питания

Показано, что в покрытии образуются α - и γ -фазы. Причем количество γ -фазы железа растет с увеличением частоты. Степень легированности α -фазы также растет, что можно заключить по изменению параметра кристаллической решетки $a_\gamma = 3,6574$. Микротвердость изменяется в диапазоне $(18\text{--}22) \pm 3 \text{ ГПа}$ при 1,37 кГц, $(16\text{--}22) \pm 4 \text{ ГПа}$ при 5,5 кГц, и $(13\text{--}16) \pm 2 \text{ ГПа}$ при 11 кГц с толщиной «белого слоя» 6–11 мкм. Карбидов вольфрама на обработанной поверхности не обнаружено. Влияние времени обработки приведено на рис. 4.

В начальные моменты времени происходит распад карбида вольфрама на составляющие: вольфрам и углерод, легирование твердого раствора и α - в γ -Fe превращение. С увеличением времени обработки степень легированности γ -фазы растет, о чем свидетельствует рост периода элементарной ячейки $a_\gamma = 3,6612 \text{ \AA}$. В определенный момент времени происходит формирование карбида вольфрама W_2C с одновременным понижением параметра элементарной решетки γ -фазы и с резким скачком микротвердости поверхностного слоя $(17 \pm 1 \text{ ГПа})$. При дальнейшем увеличении времени обработки данный процесс протекает наиболее

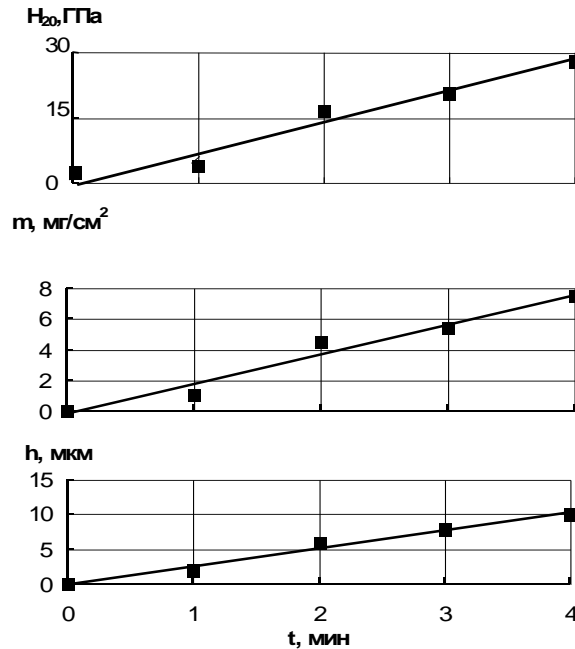
полно и через 3–4 минуты на поверхности наблюдается только карбид вольфрама W_2C . Микротвердость достигает значения $28,0 \pm 0,2$ ГПа (рис. 5).



Фаза 216° , — 1 мин/см², - - - 2 мин/см², - · - · 3 мин/см², · · · · 4 мин/см²

Режим: $U = 100$ В, $f_{\text{узг}} = 22,5$ кГц, $f_{\text{ип}} = 11$ кГц, $c = 30$ мкФ

Рис. 4. Изменение фазового состава поверхностного слоя стали X12M в зависимости от времени напыления сплавом ВК8



H_{20} – микротвердость, Δm – привес, h – глубина «белого слоя»

Рис. 5. Зависимость поверхностной микротвердости, привеса и глубины «белого слоя» от времени напыления сплавом ВК8

Следует заметить, что по мере увеличения времени обработки наблюдается рост микротвердости, привеса и толщины «белого слоя». Причем необходимо уточнить, что микротвердость «белого слоя» достигает $28 \pm 0,2$ ГПа, что превосходит микротвердость самого твердого сплава ВК8 (24 ГПа). Изменение напряжения от 100 до 140 В не влияет на исследуемые свойства покрытия.

Литература

1. Структурные превращения в процессе ЭИЛ инструментальных сталей / С. Г. Купцов, М. В. Фоминых, Д. В. Мухинов, Р. С. Магомедова, Л. В. Саражин. Компьютерное моделирование физико-химических свойств стекол и расплавов: труды XII Российского семинара. 2014. С. 72–74.